

**УДК 623.746-519**

*П.І. Карасьов, студент гр. ПБ-51, д.т.н., доц. Стельмах Н.В.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського*

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОЛЬОТНОГО КОНТРОЛЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

**Анотація.** У цій статті описується застосування навігаційних пристроїв, таких як гіроскоп, акселерометр та GPS модуль для автоматизації польотного контролю безпілотних літальних апаратів. У тексті обговорюється, як розробити систему управління польотом, а саме встановлення необхідних датчиків, на модель літака для підвищення точності бортового контролера. Для перевірки запропонованої системи виконувалося моделювання польотів, що виконують конкретні завдання позиціонування і відстеження траєкторії.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат, управління польотом, акселерометр, гіроскоп, гіростабілізація.

### **ВСТУП**

Безпілотні літальні апарати (БПЛА), не містять на борту пілота-людини, а на томість цього керуються з землі або автономно за допомогою комп'ютерної програми чи пульта дистанційного керування (ПДК). Ці непомітні літальні апарати стають все більш популярними не тільки для військових, а й для цивільних цілей, від дикої природи і атмосферних досліджень до стихійних лих і спортивної фотографії. Безпілотники стають очима і вухами вчених, досліджуючи землю для археологічних об'єктів, ознаки незаконного полювання і потенційну шкоду врожаю, і навіть фіксують дані всередині ураганів для їх дослідження. Сьогодні кожен може орендувати персональний БПЛА, щоб злетіти над горизонтом і зробити фото або відео. Відразу варто сказати, що безпілотники постійно еволюціонують: нові технології та інвестиції в цей сегмент призводять до того, що постійно з'являються все більш сучасні та технологічні моделі. Технологія БПЛА охоплює все: від аеродинаміки апарату і матеріалів для його виготовлення до друкованих плат, мікросхем, програмного забезпечення, які в сукупності складають мозок безпілотника.

### **ГІРОСТАБІЛІЗАЦІЯ, ІМУ І КОНТРОЛЕР ПОЛЬОТУ**

Технологія гіростабілізації дозволяє безпілотникам літати плавно, без ривків та автоматично підлаштовуватись під зустрічний потік повітря чи боковий вітер для дотримання заданого курсу та полегшення керування БПЛА [2]. Гіроскоп - пристрій, здатний реагувати на зміну кутів орієнтації тіла, на якому воно встановлено, щодо системи відліку. Він надає всю необхідну навігаційну інформацію пілоту та передає її на польотний контроллер. Інерційний вимірювальний блок (IMU) служить для відстеження поточного прискорення пристрою, використовуючи для цього поєднання декількох акселерометрів. Деякі блоки IMU включають в себе ще й магнітометр, що служить для додаткової стабілізації апарату. Гіроскоп є складовою частиною IMU, а той в свою чергу - важливий компонент контрольно-вимірювальної системи БПЛА [5]. Польотний контролер це типовий мікропроцесорний пристрій, для управління [1]. При цьому алгоритми управління реалізуються програмно. Для мікропроцесорної основи польотних контролерів найчастіше використовуються популярні 8-бітові мікроконтролери фірми Atmel сімейства ATmega, а з середини 2010-х років - і більш продуктивні AVR32 і STM32 на

основі мікропроцесорного ядра ARM7. До складу польотного контролера обов'язково входять датчики прискорень і датчики кутової швидкості. Оснащений таким мінімальним набором датчиків польотний контролер здатний забезпечити аеродинамічну стійкість апарату в повітрі, але не здатний забезпечити його утримання в заданій точці, політ по заданій траєкторії, повернення в точку старту і безпечний політ. Для безпілотників, що несуть корисне навантаження а також для радіокерованих літаків застосовують більш складні польотні контролери, що містять більшу кількість датчиків. Магнітометричний датчик дозволяє стабілізувати орієнтацію апарату щодо магнітного меридіана. Барометричний датчик дозволяє стабілізувати барометричну висоту польоту апарату і його автоматичну посадку в точці старту. Ультразвукові, лазерні або радіотехнічні висотоміри [3,4] дозволяють утримувати висоту з більшою точністю, здійснювати автоматичну посадку в будь-якій точці, облітати перешкоди. Приймач GPS / GLONASS дозволяє стабілізувати становище апарату, здійснювати автоматичний політ за маршрутом, автоматичне повернення в точку старту. З метою підвищення безпеки експлуатації або виконання спеціальних операцій можуть застосовуватися і інші датчики. Контролер польоту - це, по суті, центральний мозок безпілота(рис. 1).

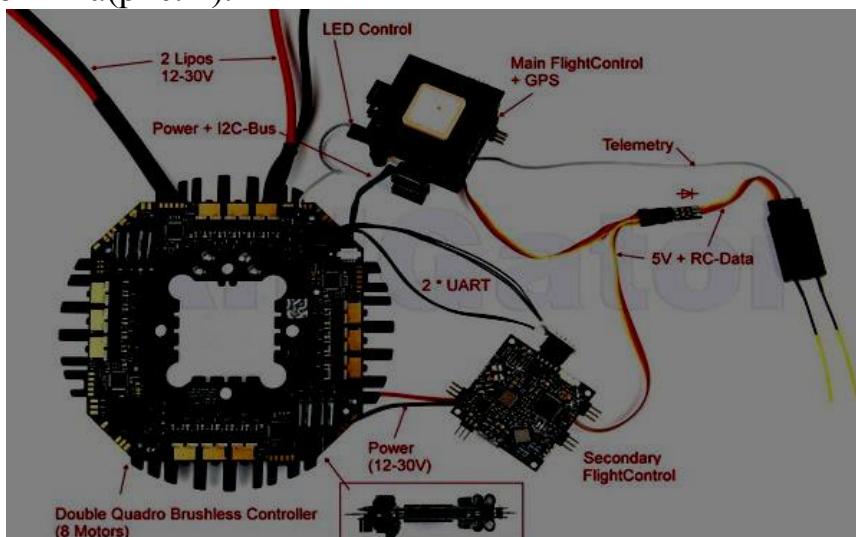


Рисунок 1. Схема підключення датчиків до мікроконтролера

## ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ ТА АВТОПІЛОТ

Багато з останніх БПЛА оснащені двома глобальними навігаційними системами (GNSS), що включають в себе GPS і ГЛОНАСС. Високоточна навігація дуже важлива для безпілотників, що займаються картографічною зйомкою, та для виконання пошуково-рятувальних місій. При першому включенні відбувається пошук і виявлення супутників GNSS. Система GNSS використовує технологію Satellite Constellation (супутникове угруповання). Принцип її роботи полягає в координації і синхронізації всіх супутників, що дозволяє їй охоплювати всю зону покриття, не залишаючи «сліпих зон».

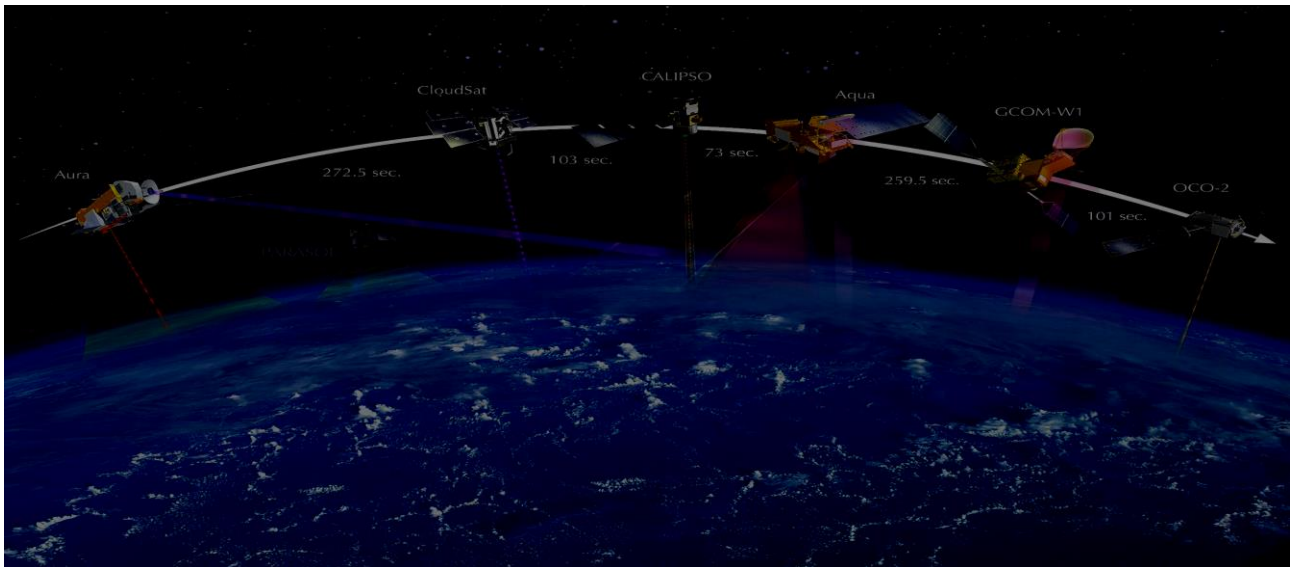


Рисунок 2. Зображення супутникового покриття

Радіолокаційна технологія БПЛА при включенні пристрою відображає на пульті дистанційного керування (ПДК) інформацію про сигнал про виявлення достатньої кількості супутників GNSS і готовність до польоту, поточну позицію безпілотної літака щодо пілота та запис вихідної точки для функції «Повернення додому».

## ВИСНОВКИ

Безперечно, майбутнє за безпіотною авіацією, завдяки можливості застосування в різних сферах. Це дозволяє економити безліч ресурсів, а також виконувати найрізноманітніші як цивільні, так і військові завдання, та на різних екологічно небезпечних об'єктах без ризику для людей. Тож найближчим часом все швидше розвиватимуться допоміжні системи, що були наведені в даній статті. До тих пір поки не будуть створені системи з мінімальною похибкою геолокації та адаптивні польотні контролери над якими вже починають працювати провідні світові компанії в цій сфері.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михалев И. А., Окоёмов Б. Н., Чикулаев Н. С. Системы автоматического управления самолетом. М.: Машиностроение, 1987. 240 с.
2. Лебедев А. А., Чернобровкин Л. С. Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973. 615 с.
3. Распопов В.Я. Микромеханические приборы Учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2007. - 400 с.
4. Родионов В.И. Гироскопические системы стабилизации и управления. Тула: Тул. гос. ун-т, 2000. 192 с.
5. Grigory S. Tymchik, Nataliia V. Stelmakh, Anatoliy S. Vasyura, Waldemar Wójcik, Kuanysh Muslimov, "Automated generation of the design solution of the assembly in instrument engineering," Proc. SPIE 10808, 1080828 (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501560.

*Науковий керівник – к.т.н., доцент Стельмах Н.В.*